

Estudios de crecimiento diario en otolitos de larvas de *Engraulis encrasicolus* L. 1758 en el Golfo de Cádiz (SW Península Ibérica)

Daily growth studies in otoliths of larvae of Engraulis encrasicolus L. 1758 from the Gulf of Cadiz (SW Iberian Peninsula)

M.P. Jiménez (1), F. Alvarez, F. Baldó (1), C. González (1), E. González-Ortegón (1), L. Yebra (2),
F. Ramos (1) y C. Vilas (3)

- (1) Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Cádiz, Puerto Pesquero, Muelle de Levante s/n, Cádiz 11006, Spain. E-mail: paz.jimenez@cd.ieo.es
- (2) Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Málaga. Puerto Pesquero s/n, 29640 Fuengirola, Málaga, Spain
- (3) Centro El Toruño (IFAPA), Ctra. N. IV Km. 654a. Camino de Tiro Pico, 11500 El Puerto de Santa María, Cádiz, Spain.

Abstract: This work presents the first study of the daily growth of larvae of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) in the coastal area of influence of the Guadalquivir River. Larvae collected in the months of June, August, October and November 2013 by the Spanish Institute of Oceanography in four oceanographic cruises. A Bongo-90 net (mesh size of 1 mm) was used to catch anchovy larvae in horizontal hauls at pre-evening hours. The larvae were frozen in seawater in Eppendorf vials. The standard length (SL in mm) was measured and individual dry weight (DW in mg) was estimated after a lyophilization process. We analyzed growth rings in a total of 309 otoliths in order to estimate the growth of anchovy larvae. For each otolith the area, perimeter, the maximum and minimum diameters and radius, and the extent of the increase in the growth rings were estimated. Some of the results have shown that these morphometric measurements keep a good relationship with the length of the larva, which allows estimating size and age of the larvae from otoliths. We have obtained good relationships ($R^2 = 90\%$) for otolith area/standard length in larvae (SL); otolith area/weight in larvae; otolith perimeter/SL and otolith radio/SL. Our results showed a larval growth rate in length of 0.60 mm/day and 0.39mg/day in weight. Finally, we have been found that the width of the rings increases with increasing age of the larvae

Key words: *Engraulis encrasicolus*, larvae, Gul of Cadiz, otoliths, daily growth

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios de crecimiento en larvas de peces son de gran importancia en la dinámica de las poblaciones, especialmente en los modelos creados para estimar índices de reclutamiento que incorporan parámetros medioambientales.

El boquerón (*Engraulis encrasicolus* L. 1758), dentro de su rango de distribución en aguas ibero-atlánticas, se concentra actualmente en dos núcleos principales: las aguas del Golfo de Vizcaya y las del Golfo de Cádiz (ICES, 2009). Fuera del núcleo principal del Golfo de Cádiz, el boquerón sólo ocurre en pequeñas poblaciones resilientes dispersas a lo largo de la fachada atlántica de la Península Ibérica.

En aguas del Caladero Nacional del Golfo de Cádiz se practica una pesquería tradicional de especies pelágicas costeras, explotada por una flota semi-industrial de pequeño-mediano porte, provista con

artes de cerco de jareta (Millán, 1992; Anón., 2001). Aunque dicha pesquería está dirigida al boquerón y la sardina (*Sardina pilchardus*), el boquerón es la principal especie objetivo para la flota debido a su valor económico más elevado (Millán, 1992; Ramos y Millán, 2004; ICES, 2011). Es por tanto, de gran importancia conocer aspectos sobre la ecología larvaria de esta especie de vida corta, como las tasas de crecimiento diario en estadios larvarios, y su influencia en el reclutamiento.

La metodología aplicada en este trabajo está basada en la lectura de anillos de crecimiento en otolitos *sagitta* de larvas de boquerón. Reibisch (1899) fue el primero que observó al microscopio la presencia de anillos anuales en los otolitos, constituidos por bandas translúcidas alternadas con bandas opacas o discontinuas. Desde entonces y hasta principios de los años 70 se han utilizado los otolitos fundamentalmente para la determinación de la edad

y el crecimiento en peces adultos, mediante el recuento de los anillos anuales o estacionales. También se han utilizado, aunque en menor grado, para la diferenciación y clasificación de especies.

En 1971 se produce un descubrimiento que revoluciona por completo el campo de investigación de los otolitos. En ese año, Pannella observa por primera vez la presencia de anillos de crecimiento diario en los otolitos. Brothers *et al.* (1976) confirmaron la existencia de estos microincrementos diarios en larvas de peces.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Obtención de las muestras

Las larvas utilizadas para la realización de este trabajo proceden de cuatro campañas oceanográficas llevadas a cabo en el año 2013 dentro del proyecto ECOBOGUE (Ecología de los estadios tempranos del ciclo de vida del boquerón *Engraulis encrasicolus*: papel del ecosistema acoplado “estuario del Guadalquivir y su zona de influencia costera” en el proceso de reclutamiento de la especie). Estas campañas se realizaron en los meses de junio, agosto, octubre y noviembre en aguas costeras cercanas a la desembocadura del río Guadalquivir (Fig. 1).

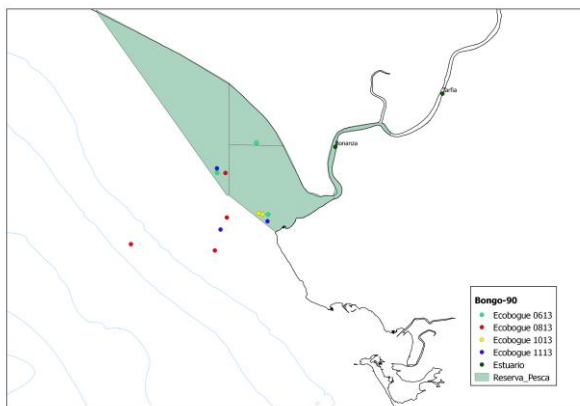


Fig. 1. Situación geográfica de los muestreos con Bongo-90 en las campañas ECOBOGUE (IEO 2013).

Para la captura de las larvas de boquerón se utilizó un armazón Bongo-90 de boca cuadrangular y que mide 1 m diagonalmente, equipado con redes de de 1 mm de luz de malla, colectores y un depresor hidrodinámico tipo avión. Se efectuaron lances al anochecer en arrastres horizontales entre 0-20 m de profundidad, a velocidad de 2.5 nudos aproximadamente y de unos 20 min de duración, con el fin de que las larvas no sufrieran deterioros por el efecto del arrastre. Las larvas de boquerón fueron triadas a bordo y congeladas en eppendorfs individuales con agua de mar filtrada (Fig. 2).

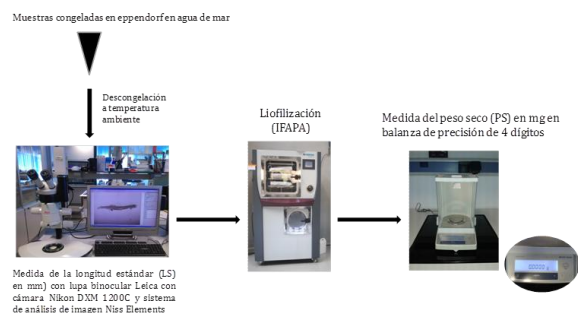


Fig. 2. Detalle de la maniobra de virado, recogida de las muestras de uno de los colectores de la red bongo-90 y triado de las larvas de boquerón para su posterior conservación.

2.2. Procesado de muestras en el laboratorio

Las larvas fueron mantenidas en el laboratorio a -30°C. El procesado de las mismas fue el siguiente:

- 1º) Descongelado de las larvas a temperatura ambiente.
- 2º) Medida individual de la longitud estándar (LS) en mm.
- 3º) Liofilización de las larvas.
- 4º) Obtención del peso seco (mg) en una balanza de precisión.

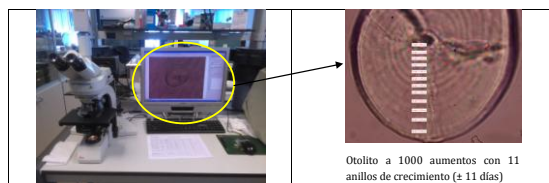


5º) Extracción de los otolitos *sagitta*. Este proceso se llevó a cabo de acuerdo a Secor *et al.* (1992), bajo una lupa binocular marca Nikon SMZ1000, utilizando luz transmitida. Una vez localizados los otolitos en la cápsula ótica, se procedió a su extracción con agujas de disección y fueron fijados con una gota de laca de uñas convencional transparente.

6º) Toma de medidas morfométricas de cada otolito:

- Área (μm^2)
- Perímetro (μm)
- Diámetro máximo (μm)
- Diámetro mínimo (μm)
- Radio (μm)

79) Conteo de los anillos de crecimiento diario de cada otolito. Siempre que fue posible, el conteo de los anillos y la medida de los incrementos se realizó en vivo a x1000 aumentos, añadiendo aceite de inmersión para su visualización.



Las tasas de crecimiento en talla y en peso se obtuvieron a partir de las siguientes ecuaciones:

$$LS = a + bt \quad PS = c + dt$$

donde

b = crecimiento diario de la larva en talla (mm/día)

d = engorde diario de la larva en peso (mg/día).

3. RESULTADOS y DISCUSIÓN

Se han analizado un total de 663 larvas de boquerón, de las cuales 645 fueron pesadas y se extrajeron y analizaron 399 pares de otolitos. En 309 del total de otolitos extraídos fue posible contar los anillos de crecimiento (Tabla 1). La relación talla (LS) - peso (PS) se muestra en la Figura 3, presentando un ajuste $r^2 = 0.90$.

Tabla 1. Larvas de boquerón Golfo de Cádiz. Número y valores medios de las medidas realizadas a cada larva.

Variable	LS (mm)	PS (mg)	Núm. anillos
N	663	645	309
Media	17.3	4.9	19.7
Mínimo	4.8	0.1	7
Máximo	33.2	53.4	39
Desv. típica	5.5	6.6	5.5

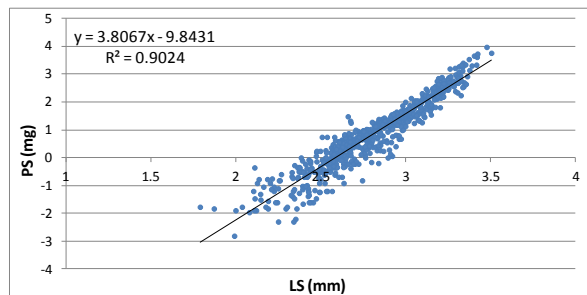


Fig. 3. Relación entre la talla (LS en mm) y peso seco (PS en mg) del total de larvas de boquerón analizadas.

3.1. Morfometría de otolitos de larvas de boquerón

Las variables morfométricas de los otolitos analizados (Tabla 2), mostraron una distribución de frecuencias unimodal (Fig. 4).

Tabla 2. Otolitos de boquerón (área Golfo de Cádiz). Resumen de las medidas de los otolitos.

Variable	Área (μ^2)	Perím. (μ)	Radio (μ)	Diam. Máx (μ)	Diam. Mín (μ)
Media	24565.5	503.4	95.6	172.9	146.9
Mínimo	1243.9	1253	20.5	42.1	38.5
Máximo	228400.7	1823.8	357.2	700.6	462.8
Desv. típ	29237.5	2595	51.8	95.5	69.7

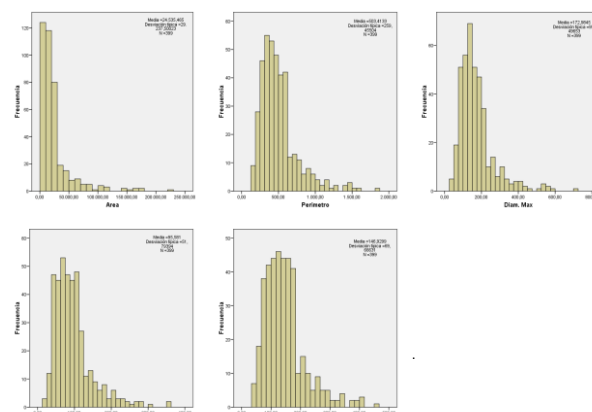


Fig. 4. Distribución de frecuencias de cada una de las diferentes medidas morfométricas en otolitos de larvas de boquerón.

Las relaciones entre estas variables presentan en todos los casos un buen ajuste (Fig. 5). En el caso del área, la relación lineal respecto al peso presenta un ajuste de $r^2=0.96$, mientras que respecto a la talla, la relación que más se ajusta es una potencial ($r^2 = 0.89$).

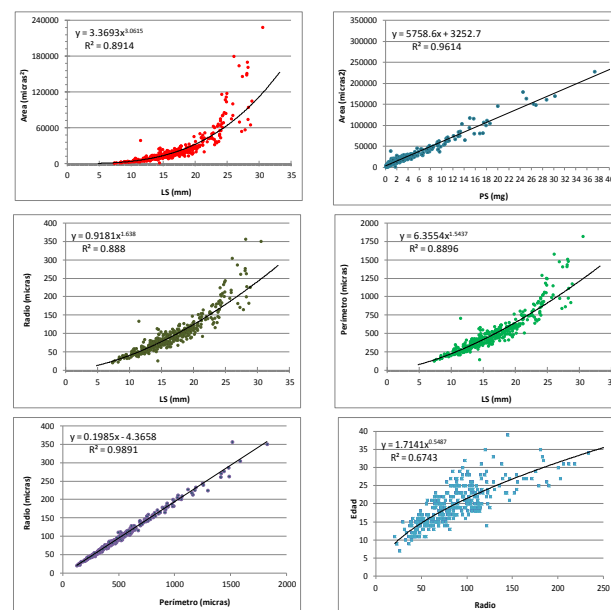


Fig. 5. Relación entre las diferentes variables analizadas, en larvas y otolitos de boquerón del Golfo de Cádiz.

3.2. Incrementos de crecimiento en otolitos de larvas de boquerón

El primer anillo bien marcado (*check ring o hatching ring*) se deposita a un determinado tiempo comprendido entre la eclosión del huevo y el comienzo de la alimentación activa de la larva, dependiendo de la especie. En el caso de este estudio, se ha obtenido una media de 4.6 micras (± 0.6) para el anillo de eclosión (Fig. 6). Hasta el incremento 34, se observa una clara tendencia ascendente en la medida de los mismos.

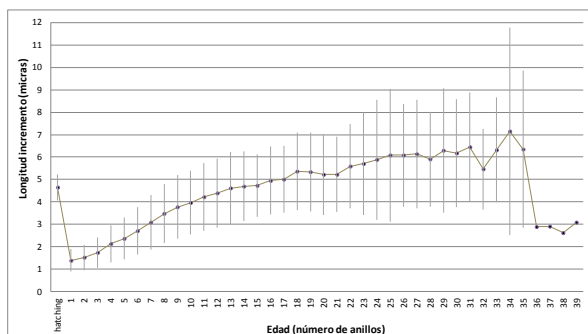


Fig. 6. Patrón de crecimiento, como valor medio (en micras) de cada uno de los incrementos de crecimiento, en otolitos de larvas de boquerón.

3.3. Tasas de crecimiento en talla y peso

Se ha obtenido una tasa de crecimiento en talla de 0.60 mm/día (Fig. 7), y de 0.39 mg en peso (Fig. 8), aunque en este último caso, el ajuste obtenido es apenas de 0.49.

Una relación potencial entre las tasas de crecimiento en base al peso presenta un ajuste mucho mayor ($y = 0.0003x^{2.9433}$; $r^2 = 0.658$).

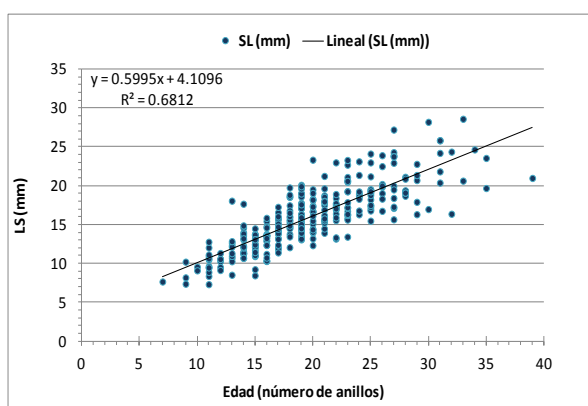


Fig. 7. Relación talla (LS) – Edad (número de anillos) en larvas de boquerón capturadas durante las campañas ECOBOGUE (Golfo de Cádiz).

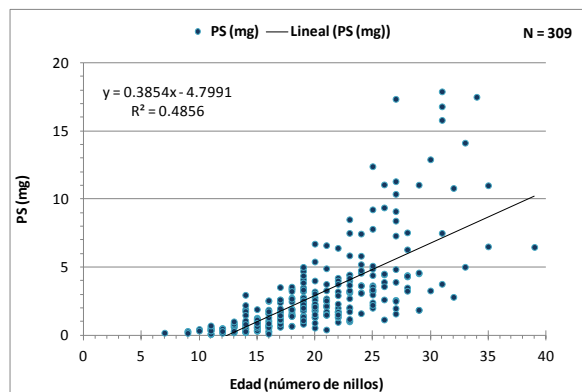


Fig. 8. Relación Peso (PS) – Edad (número de anillos) en larvas de boquerón capturadas durante las campañas ECOBOGUE.

Agradecimientos

Este estudio ha sido desarrollado entre el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y el Instituto de Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) de la Junta de Andalucía, en el marco del Proyecto de Investigación “Ecología de los estadios tempranos del ciclo de vida del boquerón *Engraulis encrasicolus*: papel del ecosistema acoplado “estuario del Guadalquivir y su zona de influencia costera” en el proceso de reclutamiento de la especie (ECOBOGUE) (RNM-7467)

REFERENCIAS

- Brothers, E.B.; Mathews, C.P. and Lasker, R. (1976). Dayli growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *Fishery Bulletin U.S.* 82: 1.
- Millán, M. (1992). Descripción de la pesquería de cerco de la región suratlántica española y atlántico-norte marroquí. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía*, 136, 70 pp.
- ICES (2011). Report of the Working Group on Anchovy and Sardine (WGANS), 24-28 June 2010, Vigo, Spain. ICES CM 2010/ACOM:16. 290 pp.
- Pannella, G. (1971) Fish otoliths; daily growth layers and periodical patterns. *Science* 173: 1124-1127.
- Ramos F. y Millán M. (2004). Biología y pesca de los principales recursos pelágicos costeros del golfo de Cádiz, 100-170 pp.
- Reibisch, J. (1899). Ueber die Eizahl bei *Pleuronectes platessa* un die Alterbestimmung dieser Form aus den Otolithen. *Wiss. Meeresuntersuch. Abt. Kiel. N. F.* 4: 231.
- Secor D; Dean J and Laban E. (1992) Otolith removal and preparation for microstructural examination. In: Otolith microstructure examination and analysis. *Canadian Special Publication Fishery Aquatic Science*, 117: 19-57.